CONSOMMATIONS ENERGETIQUES REELLES : COMMENT LES PREVOIR ET S'ENGAGER ?

DEMARCHE POUR LA MAITRISE DES OBJECTIFS ENERGETIQUES ET PREMISCES DU SMARTGRID.

IFPEB

Institut Français pour la PErformance des Bâtiments

SOMMAIRE

SOMMAIRE 2

AVANT-PROPOS 4

1 PREMIER PILIER : USAGE, POTENTIEL D'USAGE, INTENSITÉ D'USAGE ET LEUR EXPRESSION 5

1.1 Pour une conception « orientée utilisateur» 5

1.2 Définir les garde-fous 5

1.3 La description de l'usage 6
1.3.1 Pourquoi bien décrire l'usage ? 6
1.3.2 bien comprendre l'intensité d'usage 6
1.3.3 De nouvelles unités fonctionnelles 7

1.4 En résumé 7

2 DEUXIÈME PILIER : CALCUL ET EXPRESSION DES CONSOMMATIONS PRÉVISIONNELLES 8

2.1 La simulation energétique dynamique (SED) 8
2.1.1 Les différents niveaux d'utilisation de la SED 8
2.1.2 Fiabilité du calcul 9

2.2 Utilisation de la SED en conception 9

2.3 Lien entre le SED et le plan de comptage 10

2.4 SED : quel bénéfice utilisateur ? 10

2.5 Quel lien à la réglementation thermique face à cette démarche? 11

3 TROISIÈME PILIER: CONDUITE DE LA PERFORMANCE, MESURE ET VÉRIFICATION ET SUPERVISION ÉNERGÉTIQUE 12

3.1 Plan de mesure et vérification : comptage de l'énergie et suivi des usages 12

3.2 Supervision énergétique 14

3.3 Au cœur de la supervision énergétique, le suivi des consommations 14

3.4 Suivi du prévu/réalisé et aide à l'exploitation 15

4 QUATRIÈME PILIER: LE COMMISSIONING 16

4.1 Définition 16

4.2 Intervention dans le processus projet et jeu d'acteurs 16

4.3 Apercu du processus de commissioning 17

4.4 Synoptique simplifié du commissioning 19

4.5 Commissioning et vérification de la Performance Energétique Intrinsèque 19

4.6 Articulation entre Commissioning, SED et Garantie de Résultat 24

5 ECONOMIE DE LA PERFORMANCE ET AJUSTEMENT DES MOYENS 20

6 SYNOPTIQUE GÉNÉRAL (SIMPLIFIÉ) DES ACTIONS 21

7 AU DELÀ DE LA GARANTIE DE RÉSULTAT ÉNERGÉTIQUE : QUEL PLUS POUR PROPRIÉTAIRE ET OCCUPANTS ? 22

7.1 Mieux travailler l'énergie... valeur verte en vue 22

7.2 Co-produits 22

7.3 La contractualisation d'une Garantie de Résultat Energétique (GRE) 23

7.3.1 Pourquoi contractualiser ? 23

7.3.2 Le portage de l'engagement 23

7.4 Un plus : gestion de l'appel de puissance (toutes energies) et optimisation tarifaire de l'electricité, des reseaux urbains de chaleur et de froid 25

7.4.1 La SED dans l'aide à la décision sur la puissance à installer (CAPEX) 25

7.4.2 La SED et les économies d'appel de puissance electrique (aide au lissage de la courbe de charge) 26

7.4.3 La SED et l'intégration du SMART et de la flexibilité énergétique 27

8 RÉDACTEURS 27

9 CONSTITUTION DES ANNEXES 27

AVANT-PROPOS

Ce document est une compilation des pratiques et retours d'expérience des membres de l'IFPEB : moyens humains, d'ingénierie et techniques mis en œuvre pour piloter les bâtiments sur lesquels ils interviennent autour d'une cible de consommation réelle.

Il se destine aux maîtres d'ouvrages et concepteurs qui souhaitent concevoir un bâtiment bien adapté à l'usage qu'il héberge et aux usages futurs, qui consomme peu d'énergie, émet peu de CO_2 et dont la consommation réelle est maîtrisée.

Sa consommation est maintenue autour d'une valeur cible bien définie, pour le plus grand bénéfice de ses utilisateurs.

Souvent présentée comme une démarche difficile, voire risquée, l'atterrissage sur une cible de consommation réelle et vérifiée n'est pas en soi complexe et repose simplement sur quatre piliers fondamentaux :

1. **Une bonne définition et expression des usages, de l'intensité d'usage et du potentiel d'usage** du bâtiment,

2. **Le Calcul d'une Simulation Energétique Dynamique (SED)** et la bonne expression des consommations prévisionnelles en fonction de l'intensité d'usage,

3. **Une bonne conduite de la performance, par une supervision énergétique** orientée en assistance à la future exploitation, dotée des moyens de mesure et vérification (M&V),

4. **Un commissioning énergétique.**

Nous proposons ici *une démarche essentialisée*, dans le contexte français, dans un souci d'efficacité économique. Il ne s'agit en effet pas de convoquer des moyens pléthoriques, mais plutôt d'adapter les habitudes de gestion de projet, les missions des intervenants et les moyens matériels pour un objectif simple de résultat énergétique. S'il est entendu que d'un côté la non-qualité est très chère, de l'autre l'ultra perfection l'est également. Un point d'équilibre existe.

Cette démarche est opérante dans le neuf, mais également adaptable aux bâtiments existants, lorsqu'il s'agit de reprendre en main le sujet énergie. Et c'est bien l'utilisateur du bâtiment qui bénéficiera *in fine, dans le temps* de cette mise en œuvre qualitative et quantitative des objectifs énergétiques.

Une bonne maîtrise de l'énergie ne doit pas être décorrélée de la réflexion sur la flexibilité énergétique ou sur le « smart », réflexion esquissée ici qui fait l'objet actuellement de développement au sein de l'IFPEB.

Bonne lecture de la part du collectif des auteurs,

Cédric BOREL,

Directeur de l'IFPEB

1 PREMIER PILIER : USAGE, POTENTIEL D'USAGE, INTENSITE D'USAGE ET LEUR EXPRESSION

1.1 POUR UNE CONCEPTION « ORIENTEE UTILISATEUR»

C'est l'évidence : la conception d'un bâtiment vise à satisfaire son utilisation finale.

Toute la conception doit être « orientée utilisateur ». *Or trop souvent, la conception énergétique est ramenée à la seule conformité réglementaire, sans réflexion avancée sur l'adaptation du bâtiment à sa destination ou aux usages futurs qu'il pourra héberger.*

Concevoir thermiquement un bâtiment, en neuf ou en rénovation à partir de la RT 2012 est tentant... y compris lorsqu'on recherche une performance supérieure à celle du niveau réglementaire. On ne souhaite que justifier du respect de la réglementation et/ou d'un éventuel label de performance énergétique.

Mais cette approche ne prend pas en compte l'usage potentiel d'un bâtiment qui peut être très sensiblement différent des hypothèses réglementaires, du fait en particulier:

- Du niveau de confort souhaité (les 19 °C en hiver par exemple sont rarement respectés),
- De l'intensité d'usage, définie à suivre, avec la période d'occupation en particulier,
- Des consommations d'énergie des postes non réglementaires, qui sont dans les bâtiments performants souvent supérieurs aux consommations des postes réglementaires (et par conséquent influent de façon importante sur les postes chauffage et climatisation des postes réglementaires.)

Bien concevoir thermiquement un bâtiment nécessite de définir les conditions d'usages de celui-ci, ses variations possibles, autant en terme de confort que d'«intensité d'usage. » Un bâtiment connait en effet le plus souvent plusieurs utilisateurs et donc plusieurs usages dans son cycle de vie. **Une bonne flexibilité d'usage, pour accompagner divers utilisateurs, est un atout important.** Il ne faut pas passer à côté d'une création de valeur importante.

1.2 DEFINIR LES GARDE-FOUS

Cette approche en énergie en fonction de la finalité du bâtiment – héberger une activité dans de bonnes conditions de confort thermique - doit par ailleurs se faire en respectant les autres critères essentiels de qualité d'usages, tels que le confort visuel ou la qualité de l'air intérieur (QAI) par exemple, et ce sans contrainte d'utilisation. La programmation devra définir les objectifs qualitatifs et non négociables de la bonne occupation.

Une conception énergétique efficace d'un bâtiment passe donc tout d'abord par l'écriture de sa programmation en termes de fonction, de qualité et potentialité d'usage, avec les niveaux de confort et santé associés. Cette approche étant une condition nécessaire au calcul d'une prévision de consommation d'énergie tous usages.

Les annexes à ce document renvoient à ces garde-fous.

1.3 LA DESCRIPTION DE L'USAGE

1.3.1 POURQUOI BIEN DECRIRE L'USAGE ?

Etablir cette programmation détaillée de la qualité et potentialité d'usages et du confort thermique associé ne peut qu'être bénéfique pour :

- clarifier et qualifier le dialogue constructeur-acquéreur,
- le dialogue bailleur-preneur,
- la relation exploitant-utilisateurs.

Elle permet tout d'abord d'engager une réflexion sur les vrais besoins des utilisateurs, sur leurs variations possibles à envisager et sur leurs possibles évolutions dans le temps.

Un bâtiment dans son utilisation n'a pas pour finalité de respecter les hypothèses de calcul de la réglementation thermique, mais de fournir le cadre le mieux adapté au bon développement de son activité et ce avec la meilleure performance énergétique possible !

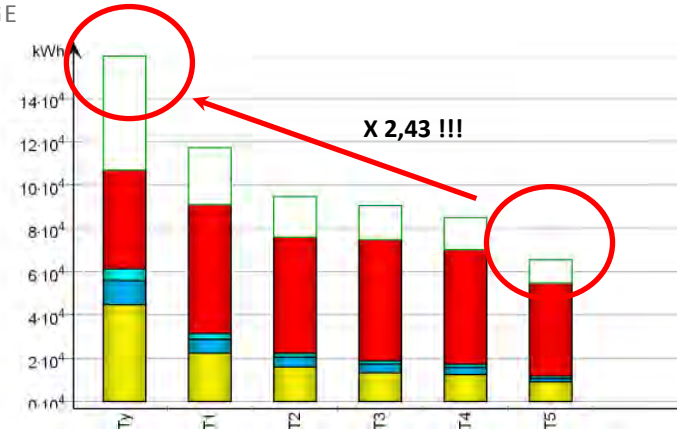
Cette mise à plat des hypothèses d'usages et de confort permettra ensuite :

- une meilleure compréhension de la combinaison des éléments conduisant à la consommation globale d'énergie finale. Ex. : le chauffage représente moins de 10 % de la consommation d'énergie annuelle totale.
- de montrer la plus ou moins grande importance de certains facteurs d'usage et/ou de confort grâce à des tests de sensibilité sur les SED. Exemple : la modification des horaires de travail augmentera de 3% la consommation annuelle totale (prévision).

1.3.2 BIEN COMPRENDRE L'INTENSITE D'USAGE

C'est une évidence : un bâtiment a une utilisation plus ou moins "intense"

La densité d'occupation peut par exemple varier de 8 m^2 à 25 m^2 par collaborateur. Les horaires d'un simple horaire quotidien aux 3/8 ou 5/8, etc. Il s'agit donc de rendre compte, dans la description de l'usage, de *l'intensité d'usage du bâtiment*, comme donnée essentielle de l'interprétation d'une consommation réelle constatée.



L'intensité d'usage par l'exemple

La courbe ci-contre est la consommation totale annuelle d'un même bâtiment suivant cinq scénarios d'utilisation. La consommation totale annuelle du scénario le plus intense est 2,43 fois celle du scénario plus « détendu ». La différence entre les deux est 184 $kWh_{EF}/m^2/an$.

Scénario Ty	Scénario T1	Scénario T2
Occupation **24h/24 365 jours par an** (Ex. centre de surveillance)	Occupation **quotidienne 6h-18h, 365 jours** par an.	Occupation de type **bureau, 6h-8h, 5 jours sur 7**.
Scénario T3	**Scénario T4**	**Scénario T5**
Occupation de type T2 avec **gestion pause déjeuner**	Idem T3 avec **3 semaines de vacance en août**	Type **éducation** avec vacances scolaires

Cet exemple simple montre qu'une consommation, ça s'interprète ! En général, toute évaluation devrait pouvoir expliquer une consommation d'énergie par rapport au service rendu par le bâtiment, ce qui est rarement le cas.[1]

[1] Le DPE pénalise la densité, la forte efficacité des espaces, lorsqu'il faut saluer cette bonne gestion.

Plusieurs contributeurs indépendants sont détectables dans cette intensité d'usage, par exemple pour l''immobilier de bureau:

- L'horaire de travail,
- L'effectif (postes de travail), la densité associée, le taux d'occupation,
- La puissance d'électricité spécifique attachée aux utilisateurs (informatique, autre),
- Le process installé (serveurs, machines à café, etc.)
- Les zones de consommation exceptionnelle (RIE),
- Etc.

Très clairement, un changement d'utilisateur du bâtiment entraîne un changement complet d'intensité d'usage. Cette notion est illustrée plus complètement en annexe[2].

A retenir: l'intensité d'usage traduit la manière dont un immeuble est utilisé, sollicité plus ou moins intensément, par son utilisation. Elle se traduit dans plusieurs paramètres indépendants de description d'usage qui ont gouverné au dimensionnement du bâtiment en phase de programmation (effectif et densité, puissance installée...) et traduisent son utilisation quotidienne (horaires, gestion optimisée, etc.)

1.3.3 DE NOUVELLES UNITES FONCTIONNELLES

Les usages dans tout bâtiment s'évaluent avec des *unités fonctionnelles représentatives* de l'activité et de leur intensité. Ces unités fonctionnelles sont en lien avec la programmation immobilière, empruntant le plus souvent le langage de l'immobilier: un immeuble de bureaux est dimensionné en fonction d'un nombre de postes de travail, un restaurant en nombre de place assises ou nombre de repas distribués, un établissement de santé en nombre de lits, etc.

Quelques propositions d'unités fonctionnelles suivant les catégories de bâtiments tertiaires INSEE/CEREN :

Catégorie tertiaire	Unité fonctionnelle métier	Densité liée à l'unité fonctionnelle	Intensité d'usage
Commerce	Nombre maximal de visiteurs (ERP)	Surface/UF	Fréquentation
Bureaux	Poste de travail	Surface/PT	Taux d'utilisation / remplissage des PT
Enseignement	Nombre de places de cours ou d'heures de cours	Surface/Nbre de places	Flux quotidien d'élèves
Santé	Nombre de lits	Surface/lits	Taux de remplissage ou de nuitées? (voir AIHF)
Hôtels	Nombre de chambres, de lits.	Surface/chambre	Taux de remplissage, nuitées, visiteurs-nuits…

1.4 EN RESUME

Raccorder **description des usages** au titre de l'énergétique et **logique fonctionnelle et immobilière**
+
Mieux dimensionner
+
Comprendre parfaitement **le lien entre usages – et consommations réelles** / savoir interpréter les écarts dans le futur / mieux piloter / (établir des formules de révision)
+
Mieux évaluer au titre du Développement Durable en fonction du service rendu : un bâtiment très occupé est un bâtiment très efficace !

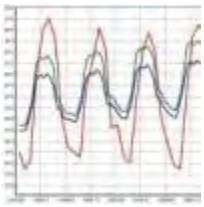
[2] IFPEB, 2013, Notice sur l'Intensité d'Usage, ou l'intensité d'usage par l'exemple dans le tertiaire.

2 DEUXIEME PILIER : CALCUL ET EXPRESSION DES CONSOMMATIONS PREVISIONNELLES

Le deuxième pilier d'une performance réelle maîtrisée est la bonne prévision des consommations par des moyens de simulation, en intégrant usages nominaux mais également les « potentiels d'usages ». Ces deux données doivent être correctement décrites en termes d'intensité d'usage et d'unités fonctionnelles.

L'ingénierie sait, à l'aide de moyens logiciels de Simulation Energétique Dynamique[3] (SED), calculer une consommation prévisionnelle à des fins de conception et d'optimisation. Il est important que ces calculs soient effectués « tous usages compris » car l'équilibre thermique d'un bâtiment est déterminé par nombre d'apports internes (les postes dits « RT » ne représentent qu'un tiers des consommations dans les immeubles de bureaux modernes...)

De plus, l'ouverture du marché de l'énergie et la disparition des tarifs régulés appellent une vision tous usages en énergie finale et le calcul d'un profil « temporel » de consommation pour profiter des meilleures offres de fournitures d'énergie. In fine, dans un cadre de gouvernance du projet, l'utilisation de la SED en énergie *finale permet de marier les obligations du code de l'énergie*[4] *et code de la construction.*



Ce document contribue à la communauté en ligne Construction21 « Comment prévoir les consommations réelles ? ». Retrouvez-là sur ce lien.

En termes de présentation, il sera dorénavant intéressant d'exprimer les consommations issues de ces calculs prévisionnels par unités fonctionnelles, pour expliquer l'intensité d'usage, et... pas seulement par unité de surface !

2.1 LA SIMULATION ENERGETIQUE DYNAMIQUE (SED)

Les outils logiciels pour la réalisation d'une SED sont nombreux[5]. Les auteurs retiennent en termes de complétude ou adaptabilité les logiciels « Virtual Environment » (VE) d'IES, Energy Plus et TRNSYS. Les deux premiers sont plus agiles pour faire un lien à la dimension économique de l'énergie.

2.1.1 LES DIFFERENTS NIVEAUX D'UTILISATION DE LA SED

Il y a plusieurs utilisations possibles, toutes intéressantes, de la SED aux différentes étapes de projet :

1. Qualification d'une conception architecturale,
2. Conception et dimensionnement des systèmes,
3. Optimisation du mix énergétique et « smart » : vision de la puissance appelée[6]
4. Engagement de performance quel que soit sa nature (consommations, confort, puissance, etc.)
5. Optimisation de l'exploitation et des futurs achats énergétiques,
6. Evaluation à priori ou à postériori, dans une démarche de commissioning notamment, les dérives potentielles en consommation des solutions techniques au regard des critères de confort et/ou d'intensité d'usage (notion de « quantité d'énergie utilisée / énergie des auxiliaires»).

[3] SED : Terme préféré à Simulation Thermique Dynamique (STD), puisque le calcul est « tous usages ».
[4] Pour l'électricité, dans le cadre de la loi sur la Nouvelle Organisation du Marché de l'électricité (NOME).
[5] Cf. Bibliographie en annexe pour des études comparées.
[6] Possiblement un préalable à l'étude de raccordement électrique conformément à la loi SRU.

Caractéristiques requises pour une bonne SED

- Intégrer toutes les consommations et exprimer la notion de puissance potentiellement effaçable,
- Intégrer différentes météorologies,
- En pratique, le logiciel devra simuler à minima, au pas d'une heure. Pour un besoin de maîtrise des consommations et dans le futur de « smartgrids » et de calcul de l'appel de puissance, il faut que les logiciels soient compatibles avec la mesure des comptages des gestionnaires des réseaux alimentant le projet (exemple : le volume ARENH et les effacements d'agrégateurs sont comptabilisés sur des puissances moyennes de 30 minutes.) A noter : des cycles courts de fonctionnement des systèmes peuvent être inférieurs à 10 minutes.
- Générer des fichiers au pas dix minutes, (mesure de référence électrique en HTA).

La tendance dans le futur sera d'aller vers la minute pour les études liées à des connections sur des smartgrids.

2.1.2 FIABILITE DU CALCUL

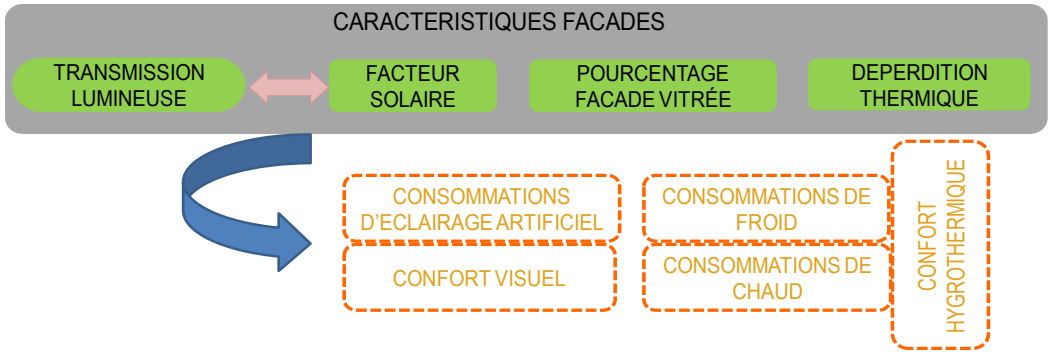
Si cela reste une simulation, les SED, notamment les trois citées plus haut, sont aujourd'hui d'une fiabilité suffisante, lorsque bien menées, pour une prévision de consommation exploitable. Plusieurs sujets de qualité sont identifiés :

- Sujet de la compétence de l'opérateur,
- Précision relative de la prévision.

Selon les modèles de SED utilisés on ne trouve pas le même périmètre de définition technique : il faut toujours garder un regard critique sur son outil, qu'il faut par ailleurs bien connaître. On n'est pas à 2% près : les sujets de la régulation et de sa mise en œuvre, d'hypothèses de charge informatique... peuvent être prépondérants dans les écarts et ne sont pas des approximations structurelles de la SED. Ces différentes incertitudes sont à maîtriser par apprentissage via des retours d'expérience, ou via une période probatoire définie contractuellement.

2.2 UTILISATION DE LA SED EN CONCEPTION

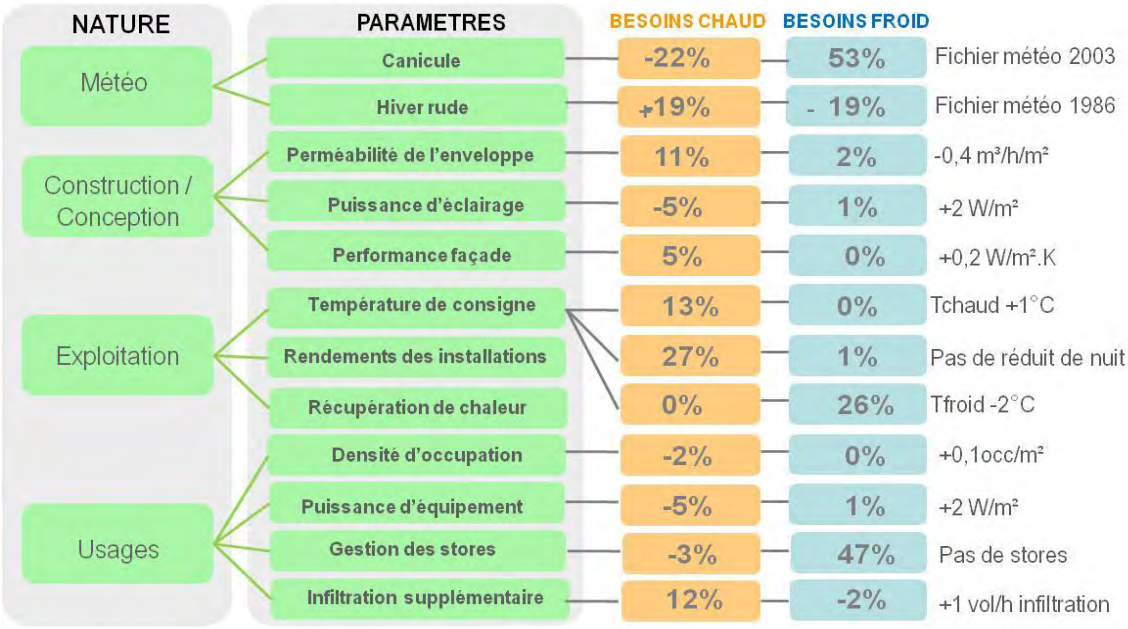
La conception est la résolution de paradoxes, d'objectifs contradictoires, d'intérêts divergents. La performance des façades, thermique et lumineuse, a une influence sur le confort hygrothermique et sur le confort visuel et donc une influence sur les consommations (et puissances) de chaud, de froid, d'éclairage artificiel.



Les données de sortie d'une SED peuvent être :

- La connaissance des consommations, dont relativité des postes (le 20/80, etc.) Cette donnée est la base de la M&V (troisième pilier de cette note),
- Connaissance de l'évolution des températures intérieures,
- Tests de sensibilité sur les paramètres d'usages et la réponse du bâtiment (exemples, préconisations, comportements types),
- (Un logiciel exécutable pour l'aide à l'exploitation.)

Exemple de test de sensibilité par nature des paramètres :



2.3 LIEN ENTRE LE SED ET LE PLAN DE COMPTAGE

La SED est fondée sur un modèle multi zonal (plusieurs zones thermiques). Ces zones doivent être choisies en fonction de leur usage, de leur traitement climatique, de leur orientation ou disposition dans le bâtiment. La granularité des zones ainsi créées permet de rendre leur association en nouveaux ensembles adaptable à n'importe quel plan de comptage.

A retenir : la SED donne donc les résultats des consommations idéales de « compteurs virtuels » que l'on pourra vérifier par des compteurs réels. La SED et la topologie des lieux, permet de caler le plan de comptage. **On peut être amené parfois à modifier les réseaux en fonction du plan de comptage.**

2.4 SED : QUEL BENEFICE UTILISATEUR ?

Au-delà de l'importante contribution de la SED à la réalisation d'un bâtiment performant et économe, son utilisation permet d'offrir au futur utilisateur:

Des résultats concrets...	**... Et des outils d'assistance à l'exploitation**
Un bâti performant, confortable et sain, Faibles charges liées à l'énergie, Coûts restreints de flexibilité d'usage, Faible consommation d'énergie et bon bilan de Gaz à Effets de Serre	Aisance du pilotage/exploitation, compréhension des consommations, Un « mode d'emploi » énergie du bâtiment sous forme indicateurs de sensibilité (variation des données de sortie comme les consommations en fonction des paramètres d'usage), Revue critique des consommations réelles.

In fine, c'est un calcul qui permettra d'attester des performances réelles en usage, après une période probatoire.

2.5 QUEL LIEN A LA REGLEMENTATION THERMIQUE FACE A CETTE DEMARCHE?

Le calcul réglementaire n'entre pas dans le champ de ce document.

Comme l'IFPEB l'avait déjà mis en avant lors de ses communications conjointes avec le CSTB (sur ce lien), la consommation calculée dans le cadre de la règlementation thermique *n'est pas une consommation prévisionnelle des futures consommations du bâtiment*.

Le calcul « RT » n'est qu'un « marqueur » de la qualité intrinsèque du bâtiment, qui n'a pas vocation à faire le lien avec la réalité des consommations. C'est un outil permettant d'assurer des qualités thermiques minimales pour un bâtiment, de manière comparable, en France. (Ce point est développé dans les annexes.)

Illustration de SED

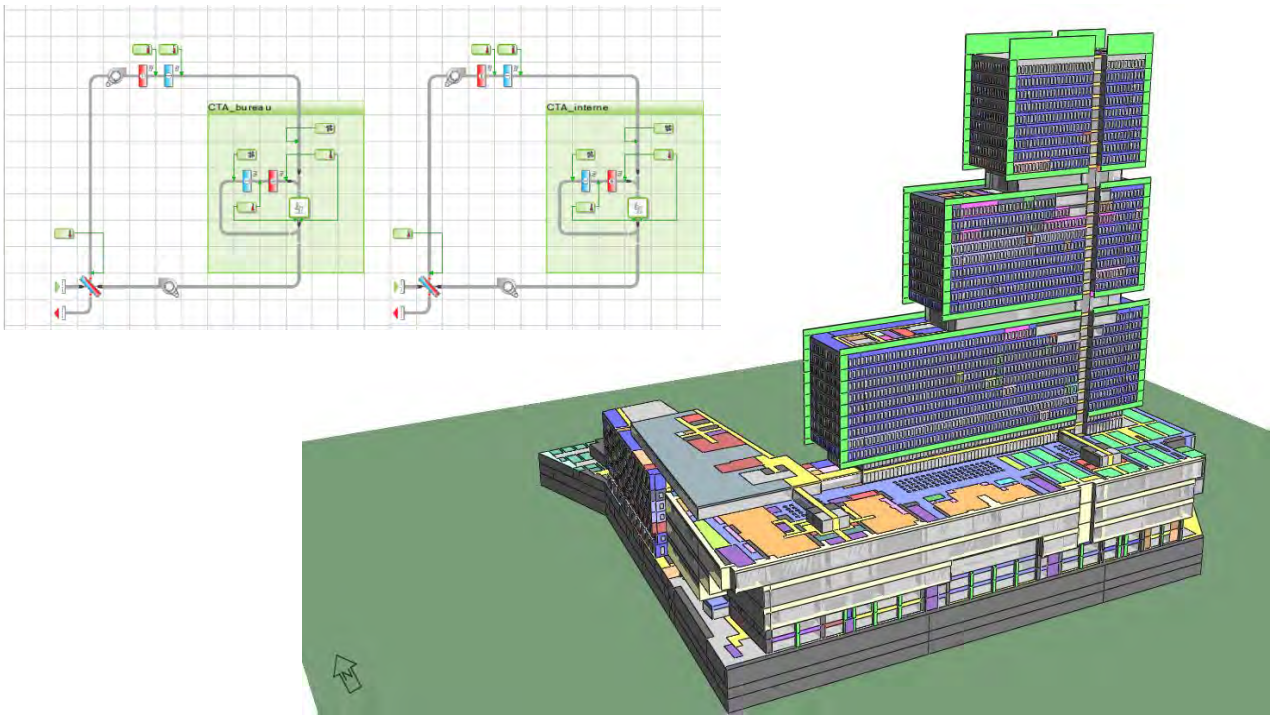
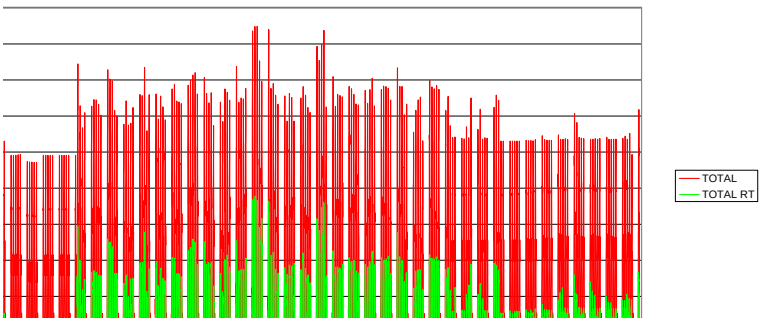


Image 1 - Schéma de principe distribution terminale et modèle du TGI de Paris (Source: SETEC Bâtiment)



SED d'un bâtiment de bureaux : les 5 usages RT en vert et tous usages en rouge. La qualité intrinsèque d'un bâtiment tertiaire peut ne représenter que 30 % de la consommation réelle.

3 TROISIEME PILIER: CONDUITE DE LA PERFORMANCE, MESURE ET VERIFICATION ET SUPERVISION ENERGETIQUE

La conduite de la performance énergétique s'appuie sur un plan de mesure et vérification permettant le suivi des consommations et des usages. Celui-ci est facilité par la mise en œuvre d'une supervision énergétique (concept développé ci-dessous), la mise en place d'une mission d'accompagnement des utilisateurs et d'aide à l'exploitation adaptée.

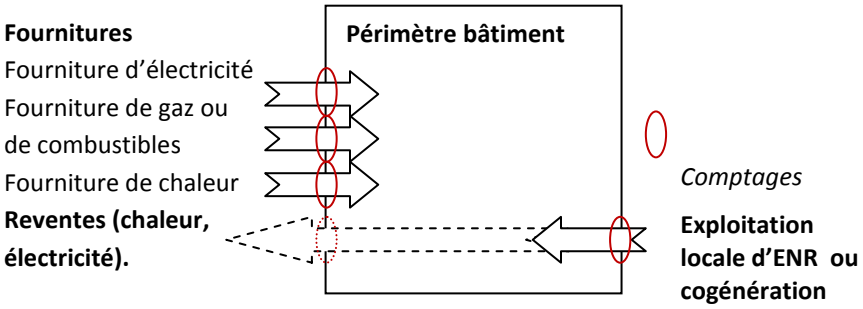
3.1 PLAN DE MESURE ET VERIFICATION : COMPTAGE DE L'ENERGIE ET SUIVI DES USAGES

Premier sous-ensemble de la conduite de la performance est le plan de mesure et vérification, composé du plan de comptage et de l'instrumentation des usages, où, guidés par la SED, on recherchera à déterminer les postes de consommation et les principaux paramètres d'usage impactants, dans une logique d'essentialisation.

L'objectif est d'avoir une vision en temps réel de son installation pour les données essentielles.

Le périmètre global: le comptage des fournisseurs d'énergie

Les comptages « ultimes » qui font foi sont ceux qui enregistrent une transaction commerciale d'achat d'énergie ou de revente (dans le cas de l'exploitation locale d'énergies renouvelables ou de cogénération). Ces comptages directement liés aux factures d'énergie sont de classe de précision très élevée. Les modèles retenus pour les fluides doivent permettre la fourniture en temps réel des informations au système de supervision.



Comptages obligatoires de la RT2012

Cette base règlementaire constitue une partie du plan de comptage. La règlementation thermique impose d'équiper les bâtiments ou parties de bâtiment à usage autre que d'habitation de systèmes permettant de mesurer ou de calculer la consommation d'énergie :

- pour le chauffage et pour le refroidissement, par tranche de 500 m^2 de Surface Utile RT (SU_{RT}) concernée ou par tableau électrique, ou par étage, ou par départ direct,
- pour la production d'eau chaude sanitaire,
- pour l'éclairage, par tranche de 500 m^2 de SU_{RT} concernée ou par tableau électrique, ou par étage ;
- pour le réseau des prises de courant: par tranche de 500 m^2 SU_{RT} concernée ou par tableau électrique, ou par étage,
- pour les centrales de ventilation: par centrale,
- par départ direct de plus de 80 ampères.

Grands postes du plan de comptage

Inspirés par la SED et la topographie, voici les postes usuellement mesurés par le plan de comptage et de suivi des puissances appelées dans le tertiaire.

Usages Conventionnels Postes RT	Chauffage (tous modes)
	Refroidissement
	Eclairage
	Auxiliaires
	ECS (Eau Chaude Sanitaire)
	Ventilation
Postes liés aux utilisateurs	Bureautique et circuits secourus
	Coffee Corner*
	Baies informatiques
	Climatisation process
Postes parties communes (récurrents ou ponctuels)	Eclairage extérieur
	Eclairage parking
	Ventilation parking
	Salles serveurs
	Divers courants faibles parties communes (CCTV, contrôle d'accès, GTB, CCTV, supervision énergétique, etc.)
	Centrale météo complète (température, ensoleillement, vitesse du vent, hygrométrie)
	RIE
	(…)

Caractérisation des usages par une instrumentation - lien à l'intensité d'usage

Compte-tenu de la variabilité des situations en tertiaire, il est nécessaire de caractériser les usages par une instrumentation adaptée. Ces données sont nécessaires pour la prédiction de la consommation ainsi que de consigner les écarts avec un scénario d'origine.

Ex. : les bureaux de passages étaient à un taux d'occupation prévu de 73% dans la semaine. Durant le mois de février, ils ont été utilisés à 85%, ce qui a eu pour effet une augmentation de l'éclairage de 23%, le prolongement du temps de travail dans les bureaux se faisant en soirée et requérant d'avantage d'éclairage artificiel. Cela explique 2% de l'augmentation du poste chauffage sur la même période pour tout l'immeuble.

Exemples de capteurs dédiés aux usages permettant d'expliciter une intensité d'usage :

- Ouvertures de portes et fenêtres,
- Détection et comptages de personnes (présence, absence),
- Reconnaissance éventuelle de consommateurs en ligne (« signature » d'un appareil actif),
- Retours sur positions d'interrupteurs,
- Etc.

Idéalement un couplage doit s'envisager entre la supervision énergétique et les autres systèmes techniques qui permettent de remonter des donnés d'usage : réservation de salles, réservation de postes de travail (hoteling), gestion d'agendas, etc.

Caractérisation des courbes de charge

Pour gérer finement la demande en énergie électrique du bâtiment en fonction des disponibilités du réseau et du contrat de fourniture, il est nécessaire de connaître la courbe de charge du bâtiment. Cela signifie qu'aux points stratégiques, on mesure la puissance appelée ainsi que la production locale (photovoltaïque, cogénération).

3.2 SUPERVISION ENERGETIQUE

La mesure et le pilotage de la performance énergétique d'un bâtiment nécessite obligatoirement la mise en œuvre d'une *supervision énergétique***,** ou système de mesure et pilotage de la performance, qui est différent du cadre habituel de la gestion technique des bâtiments. Ce système permet d'avoir accès aux données en temps réel mais également une maîtrise de l'installation dans le temps (gestion d'alarme, suivi de consommation, etc.) Il s'agit soit :

- d'un **sous-ensemble d'une GTB**, dédié à l'énergie (cas du neuf avec une supervision complète,
- d'un **sur-ensemble sur les outils de pilotage existants** (un système qui fait la synthèse des différents systèmes techniques existants, GTC partielles, régulations, SCADA, etc.)

La supervision énergétique est elle-même conçue en lien avec la géométrie du bâtiment, ses systèmes, les usages et la destination du des lieux. La définition du système, au regard des objectifs, a bien entendu des incidences sur la conception des réseaux d'énergies et fluides, ainsi que sur tous les systèmes actifs du bâtiment. L'objectif final de la supervision énergétique est néanmoins très simple :

- Calculer les indicateurs de suivi pertinents, (énergie, appel de puissance, CO2, etc.)
- Suivre l'usage,
- Mesurer le climat,
- Etablir une prévision de consommation,
- Détecter les écarts prévu / réalisé, gérer les alarmes,
- Reporter (localement, globalement, à distance),
- Agir (actions humaines et automatiques) : pilotage en adaptation à l'usage réel dans un but de réduction énergétique ou économique, ou d'ajustement aux demandes de confort du client.

Deux normes fondamentales encadrent la conception d'un système de supervision énergétique ainsi que le suivi énergétique du bâtiment lors de sa vie en œuvre :

- Les grands principes de conception : norme NF EN 15232,
- Les grands principes du management de l'énergie sont rassemblés dans la norme ISO 50001.

3.3 AU CŒUR DE LA SUPERVISION ENERGETIQUE, LE SUIVI DES CONSOMMATIONS

Pour être précis, il s'agit d'analyser périodiquement les consommations pour chaque type d'énergie, puis de les comparer à une référence prédéfinie afin d'être en mesure d'appliquer des dispositions correctives en cas de dérive. L'usage d'un outil informatique dédié de type « logiciel de gestion d'énergie » (EMS) tel que mentionné ci-dessus s'avérera nécessaire pour :

- procéder aux différentes analyses régulières approfondies,
- signaler des consommations anormalement élevées,
- générer et diffuser automatiquement des rapports de consommation,
- historiser et archiver des données.

Les fonctions généralement associées aux progiciels EMS permettent aussi d'effectuer des analyses comparatives sur des périodes données (jours, semaines, mois, années) ou entre bâtiments ou process afin d'identifier plus facilement les « pratiques vertueuses » en vue de les dupliquer et de mesurer l'impact des actions correctives. L'ouverture de ce type de progiciel vers d'autres systèmes de données permet également d'intégrer facilement d'autres données, par exemple sur l'activité du bâtiment (taux d'occupation…) et les données climatiques

(DJU, ensoleillement). Un tel outil représente en outre un gain de temps considérable et l'assurance de la pérennité des mesures dans le temps, devenant rapidement rentable.

Comme préconisé précédemment, la conception du plan de comptage doit être global tant en matière d'équipements de mesure (compteurs, PMD), d'architecture de communication et si possible de protocole que de progiciel (EMS) de relève, d'analyse et de diffusion de l'information.

Ceci s'avère particulièrement nécessaire dans le cas de systèmes élaborés (multi-énergies, multi-fluides avec gestion par usage et segmentation spatiale sur plusieurs niveaux de sous-comptage sur plusieurs bâtiments ou sites, etc.) L'expérience montre que la maintenance et le maintien des performances dans la durée est largement conditionnée par des facteurs organisationnels du site et le choix du système de gestion d'énergie (EMS) mis en œuvre.

L'évaluation de ce dernier devrait au minimum prendre en considération les critères suivants :

- **Facilité, convivialité et ergonomie** d'exploitation quel que soit le profil d'utilisateur par un accès direct à l'information pertinente selon l'intérêt, les missions de chacun (« simple » acteur ou expert),
- **Capacité d'automatisation des tâches répétitives** : relève, stockage et traitement des informations, édition et diffusion de tableaux de bord, envoi de messages sur évènements ou alarmes,
- **Interopérabilité** avec d'autres systèmes (ERP, SCADA, GTB, GTC, …) permettant de compléter ces systèmes par une expertise métier et / ou d'associer des facteurs d'influence (T°, production, taux d'occupation…) aux données énergétiques pour la génération de ratios technico-économiques,
- **Fonctionnalités** et exhaustivité des informations traitées couvrant l'ensemble des énergies (électricité, gaz…), des fluides (eau, vapeur…) et des facteurs d'influence,
- **Flexibilité / évolutivité** du système permettant de s'adapter facilement aux contraintes d'exploitation et aux évolutions de l'usage des locaux,
- **Fiabilité** des données par analyses de cohérence et d'intégrité, en particulier dans le cadre de CPE,
- **Expérience et pérennité** présumée du concepteur du progiciel, capacité de maintenance.

3.4 SUIVI PREVISIONNEL/REALISE ET AIDE A L'EXPLOITATION

Dans la pratique, il convient de dissocier les tâches suivantes:

- **Métrologie** (choix et positionnement des sous-comptages et des capteurs des paramètres d'usage),
- **Centralisation** des mesures (GTB),
- **Traitement automatiques** (ex. cumuls),
- **Traitements manuels** (ex. tableau de suivi avec ratios mensuels, basé sur l'intensité d'usage avérée)
- **Prévision** en fonction des données réelles d'usage (en lien avec la SED ou l'estimation initiale),
- **Analyse** (ex. estimation des performances, identification de dérives, etc.),
- **Décision de pilotage** (ex. modification de réglage et programmation, mesures curatives),
- **Communication** (ex. information des occupants sur les performances).
- **Ajustement des contrats de fourniture en énergies** (puissances appelées par tranches tarifaire) et/ou ajustements des effacements en place (durée, circuits, planification, etc.),
- **Propositions d'améliorations** de l'installation (délestage, renforcement de la production locale),
- **Décision sur les arbitrages** (revente vs autoconsommation en fonction des évolutions tarifaires et du mix).

Ces tâches de niveau progressif sont généralement réalisées par du personnel avec une qualification croissante suivant les caractéristiques et la taille du site, le mode de contractualisation (contrat de moyens, de résultats, etc.) La main d'œuvre nécessaire est à prévoir dans le contrat d'exploitation (et impacte l'OPEX), qui pourra être :

- Un « Energy Manager » de l'utilisateur,
- Un « Energy Manager » chez l'exploitant et/ou un responsable de site,
- Une intelligence déportée pour le pilotage (renvoi à une hyper vision centralisée hors site).

4 QUATRIEME PILIER: LE COMMISSIONING

Le commissioning est le troisième pilier de la maîtrise des consommations réelles. Ce fameux commissioning est déjà très présent dans de nombreuses industries où seules les performances réelles comptent (aviation, industrie lourde, marine, etc.) Le commissioning est déjà utilisé en France par de grands maîtres d'ouvrages qui en ont apprécié la valeur ajoutée.

L'intérêt d'une mission de commissioning sur un projet de construction n'est pas qu'énergétique, il s'étend à la productivité. Une étude comparative sur une soixantaine d'opérations aux Etats-Unis a démontré que les économies non énergétiques peuvent représenter de 3... à 92 dollars par m² en plus des économies d'énergie[7].

Nous donnons ici une définition simple du commissioning, comme la manière de le mettre en œuvre sans renchérir le projet comme sa déclinaison sur les missions des intervenants. A noter : *le commissioning fait la synthèse des autres trois piliers décrits auparavant.*

4.1 DEFINITION

Le commissioning, qui peut porter aussi bien sur les bâtiments neufs qu'anciens, est un processus intensif et expert d'assurance de la qualité appliqué ici à l'énergie. Il aide à garantir que le bâtiment répond aux exigences du propriétaire en termes de performances énergétiques, d'exploitation et d'usage.

Commissioning des bâtiments neufs ou en travaux : un processus intensif d'assurance de la qualité appliqué à la maîtrise de l'énergie qui commence dès la programmation et qui se poursuit pendant les étapes clés de conception, de construction, de mise en service, d'occupation et d'exploitation durant la ou les première(s) année(s).

Commissioning des bâtiments existants (Rétrocommissioning) : Un processus visant l'optimisation du fonctionnement des appareils et des systèmes existants. Une mission à renouveler périodiquement (tous les trois ans idéalement.)

4.2 INTERVENTION DANS LE PROCESSUS PROJET ET JEU D'ACTEURS

En tant que processus expert d'assurance qualité, le commissioning est mis en œuvre par une tierce partie, l'autorité de commissioning, qui n'est pas partie prenante de la conception et de l'exécution. C'est une intervention experte qui mobilise plusieurs types de compétences visant à réduire le risque de non atteinte des objectifs.

Les tâches de l'autorité de Commissioning consistent à s'assurer que les exigences du maître d'ouvrage en terme de performance énergétique et d'exploitation – maintenance seront bien prises en compte par les concepteurs en analysant la conception de façon participative et collaborative. Il prépare et met à jour le **plan de commissionnement** du bâtiment et maintient une forme de registre des écarts entre objectifs et réalisations (études et travaux). Il participe aux essais et OPR, en donnant un avis et proposant des essais complémentaires à la MOE et aux entreprises. Il vérifie la qualité des différents documents finaux comme les DOE, DIUO et DEM, formations. Il s'assure que les contrats d'exploitation maintenance sont bien passés par le MOA auprès des entreprises spécialisées et s'assure de la bonne prise en main (inventaire des équipements à maintenir, planification des opérations de maintenance, suivi énergétique, etc…).

[7] THE COST-EFFECTIVENESS OF COMMERCIAL-BUILDINGS COMMISSIONING, A Meta-Analysis of Energy and Non-Energy Impacts in Existing Buildings and New Construction in the United States, Lawrence Berkeley National Laboratory, Portland Energy Conservation Inc. Energy Systems Laboratory, Texas A&M University

Compétences

Afin de pouvoir conduire cette mission Le « commissionneur » doit posséder une expérience et des connaissances techniques poussées dans les domaines de la conception, de la construction et de l'exploitation :

- Thermiciens pour la partie enveloppe,
- Energéticiens pour la partie systèmes, capables de mettre en œuvre ou, dans l'existent, diagnostiquer précisément le fonctionnement d'une installation CVC :
    - Description des systèmes,
    - Modes de fonctionnement : Cascades, enclenchements, ….
    - Instrumentation,
    - Scénarios d'occupations, consignes associées,
    - Equilibrage du réseau de distribution,
- Evaluation des écarts entre le fonctionnement souhaité et réel.

De plus, la profondeur du commissioning dépendant des objectifs, les compétences de la tierce partie sont fonction de la complexité, de l'ambition. *Il y a par exemple l'intervention d'un recalcul de la SED ou pas dans les opérations sensibles.*

Lien à l'équipe projet

Le travail de la tierce partie sera d'autant moins important que la maîtrise d'œuvre (conception, exécution) possède une culture de ce processus d'assurance qualité et fait exécuter les tâches de contrôle ou d'autocontrôle, confiées aux intervenants habituels.

Le commissioning ne renchérit quasiment pas le coût de construction, participe à la qualité d'ensemble et la maîtrise du coût global énergétique.

En effet, de nombreux processus d'assurance qualité sont déjà en place chez l'ensemble des intervenants, *qu'il s'agit de modifier à la marge* pour instaurer des points de contrôle liés à l'énergie.

La présence d'une commissioning est une preuve de qualité complémentaire qui a sans doute une valeur: un bâtiment livré avec un bon commissioning a plus de valeur qu'un bâtiment qui n'est pas passé par ce processus : les systèmes sont correctement réglés, les automatismes calés, etc. Enfin, le commissioning est une mission qui peut se déployer sur d'autres sujets : qualité de l'air intérieur, eau, etc.

Qui est l'autorité de commissioning ? Selon l'ambition et le montage et les modes de dévolution des marchés, il pourra s'agir d'un bureau d'étude d'un cabinet spécialisé en commissioning, contrôleur technique, mais également le futur exploitant lorsqu'il n'est pas partie prenante de la conception.

4.3 APERCU DU PROCESSUS DE COMMISSIONING

Phase programme

La phase définition des objectifs et préconception est cruciale pour le succès de tout projet immobilier. Dans ce cadre, le maitre d'ouvrage est invité à communiquer clairement dans son programme ses attentes et ses objectifs à l'égard du projet : potentiel d'usage (voir premier paragraphe) consommation énergétique, niveau de confort thermique, labellisation, demande du ciblage d'une consommation réelle, de potentiel de pilotage énergétique, etc.

A ce stade, les grandes lignes du *Plan de commissioning,* énonçant les activités de la phase de conception sont établies. Ce dernier est à considérer comme document évolutif qui définit les activités de commissioning du projet,

son calendrier, ses exigences en matière de documentation, ainsi que les rôles et les responsabilités des membres de l'équipe.

Phase conception

Durant la phase de conception, le projet devient réalité dans les plans, dessins et spécifications. L'APS (en anglais, il s'agit du BOD, « Basis Of Design ») devrait au minimum contenir les renseignements suivants :

- Objectifs et raison d'être de chaque système,
- Les bases de dimensionnement (conditions intérieures de confort et extérieures),
- Hypothèses relatives à l'occupation, à l'utilisation et au calendrier, programmations saisonnières,
- Hypothèses relatives aux charges internes,
- Descriptions des zones : occupation, intensité d'usage, potentiel d'usage,
- Exigences relatives à la ventilation : débits, qualité de l'air,
- Exigences relatives à l'enveloppe : isolation, etc.
- Dimensionnement de l'équipement et critères appliqués,
- Références aux documents de conformité locaux, nationaux ou Européens pertinents.

À mesure que le bâtiment prend forme, l'autorité de commissioning s'assure que ses systèmes et leurs opérations reflètent le programme.

Phase travaux

Durant cette phase, de nombreux aspects du projet sont surveillés pour s'assurer que les systèmes et l'équipement du bâtiment sont installés et testés conformément au Plan de Commissioning. Chaque protocole d'essai relatif à un système doit décrire exactement le mode opératoire en énonçant :

- L'objet de l'essai,
- les instructions à suivre pour réaliser et documenter l'essai, les précautions à prendre,
- l'équipement requis
- les *critères d'acceptation,*
- les conditions préalables à l'essai,
- Les étapes détaillées de la procédure pour les essais et la procédure de restauration des conditions normales de fonctionnement,
- L'analyse requise,
- Les signatures requises.

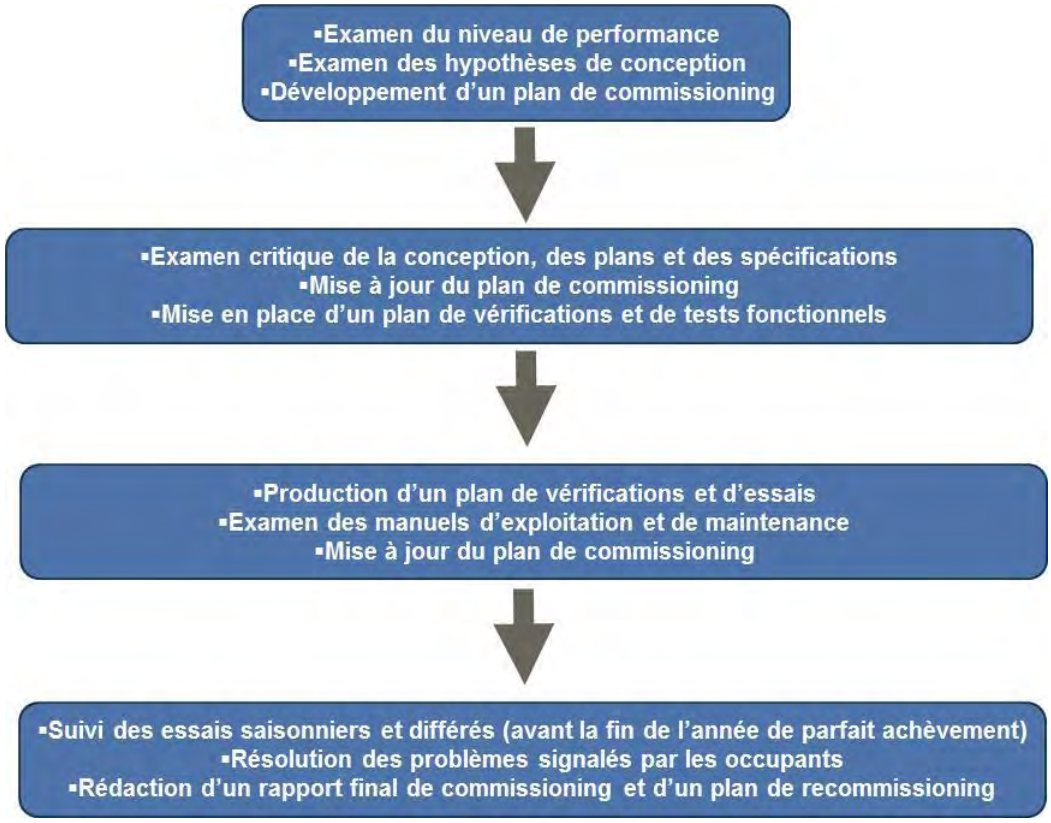
La version actualisée du plan de commissioning à ce stade du projet doit intégrer les informations suivantes :

- Renseignements généraux sur le bâtiment et information sur les intervenants,
- rappel des objectifs du projet (notamment des cibles énergétiques et du pilotage),
- description du bâtiment et de ses systèmes,
- présentation des systèmes visés par la procédure de commissioning
- calendrier actualisé,
- liste des membres de l'équipe, leurs responsabilités et les livrables,
- description détaillée des procédures d'essai et des procédures de suivi,
- Activités et horaire de formation recommandés,
- PV de réception.

Phase Exploitation

La phase d'occupation et d'opération initiale (2 ans généralement après la livraison) est essentielle pour finaliser avec succès le commissioning. Dans ce cadre, Une série d'audit sont conduits par l'autorité de commissioning en vue de superviser la correction des problèmes qui se sont manifestés en phase exploitation.

4.4 SYNOPTIQUE SIMPLIFIE DU COMMISSIONING



4.5 COMMISSIONING ET VERIFICATION DE LA PERFORMANCE ENERGETIQUE INTRINSEQUE

Une part importante du commissioning consistera à vérifier la mise en œuvre correcte des moyens de la performance énergétique liés au bâti et aux équipements techniques, c'est-à-dire les dispositions intrinsèques du bâtiment. Cette vérification diminue le risque d'une dérive ou un écart lié au bâti.

La valeur ajoutée de cette étape est un bâti vérifié et performant, comme conformité par rapport à un ensemble de normes ou procédures d'assurance qualité*, mais en aucun cas résultat sur les consommations réelles.*

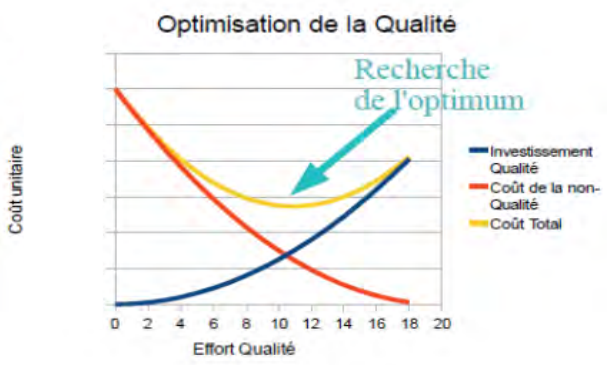
Dès lors, ce qui a été défini comme « Garantie » de Performance Energétique Intrinsèque[8] (GPEI) ne garantit que la conformation à un ensemble de normes et une convention (comme c'est le cas pour les certifications environnementales équipées de commissionnement énergétique comme le BREEAM ou le LEED) définissant la qualité énergétique du bâti, *jamais un niveau final réel constaté de consommation.*

Bien sûr, la vérification de la bonne performance intrinsèque doit intégrer tous les contributeurs techniques aux consommations significatives (postes réglementaires et autres) : bâti, équipements fluides, ascenseurs, équipements de process (si connus !)

[8] Rapport de mai 2013 du Plan Bâtiment Durable, « Garantie de Performance Energétique, méthodologie pratique de la Garantie de Performance Energétique Intrinsèque (GPEI) »

5 ECONOMIE DE LA PERFORMANCE ET AJUSTEMENT DES MOYENS

Cette démarche de qualité générale doit être essentialisée et menée dans une logique d'efficacité économique. Cette démarche est à adapter en fonction des enjeux liés à la taille de l'opération : c'est un classique du raisonnement sur la qualité ci-contre.

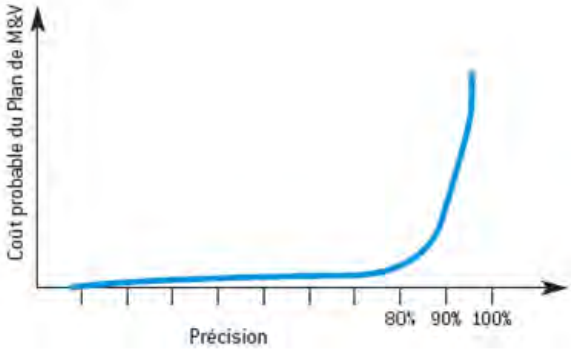


Il s'agit de comparer les consommations réelles mesurées aux prévisions. Le calcul de simulation énergétique dynamique d'une part, le système de mesure de l'autre, sont deux chaines de traitement de l'information (M&V) qui doivent avoir *un niveau raisonnable d'incertitude.*

La justesse a un coût : il faut un compromis. C'est pourquoi :

- Il est nécessaire de déterminer l'intervalle de tolérance pour la différence entre le prévu et le mesuré, dans lequel on considèrera que la démarche est correctement appliquée.

- Ainsi, l'investissement dans l'amélioration de l'incertitude (qui nécessite la mise en œuvre de moyens mis en œuvre) doit être justifié par l'importance de la dérive évitée (économies réelles).



La « maille » de la stratégie de mesure et vérification, doit être ajustée pour obtenir le juste contrôle des consommations sans surgestion ni surinvestissement.

Il existe une économie de la maîtrise de la performance. Le coût est directement fonction de la réduction de l'incertitude, c'est-à-dire du degré de maîtrise souhaité.

En général, on respectera implicitement : Coût global de la stratégie de maîtrise des consommations < Coût global des dérives de consommation évitées.

Toutefois, il faut tenir compte dans cette équation des gains non énergétiques qui sont significatif en termes de confort d'utilisation, de pilotage, etc.

6 SYNOPTIQUE GENERAL (SIMPLIFIE) DES ACTIONS

Cette matrice est proposée pour la livraison d'un bâtiment neuf. Pour la rénovation, on dispose d'informations plus étoffées : audits et connaissance de la situation de référence via les consommations réelles, etc.

	Définition et expression de l'usage, usage réel	**Calcul et expression des consommations prévisionnelles**	**Commissioning**	**Pilotage de la performance, supervision énergétique**
Programmation	Définition du **potentiel d'usages et unités fonctionnelles.** Scénario théorique d'usage.	Expression d'une cible énergétique réaliste et de l'intervalle de tolérance souhaité.	Ecriture d'un premier **Plan de commissioning** en fonction de l'allotissement et des modes contractuels.	Volonté de pilotage des performances réelles en exploitation, Fonctions de pilotage souhaitées (locales, déportées en hypervision)
Conception	Scénario théorique ou réel si connu.	**Première SED** - Calcul aux limites du potentiel d'usage, - Ajustement du	**Accompagnement en « contradicteur positif»** de la maîtrise d'œuvre - Ajustement du plan de commissioning, Eventuels recalcul, - Assistance à la mise en place des DCE.	**Ecriture du premier Plan de Mesure et Vérification et Usages.**
Exécution	Scénario théorique ou réel si connu.	**Recalage de la SED.** - Possibles évolutions matérielles et modifications, - Tests de sensibilité paramétriques, - Exportation d'un exécutable pour un calcul prévisionnel en « dynamique », - Modification en fonction des « travaux preneurs »	- **Supervision de la maitrise d'œuvre** dans l'assurance qualité dédiée aux aspects énergétiques, - Contrôle par échantillonnage, - Etc.	- Paramétrage définitif de la supervision énergétique, - Eventuelle signature d'un contrat d'exploitation et mise en place de l'exploitant.
Première(s) année(s) (parfait achèvement)	**Vie réelle :** - Accompagnement des utilisateurs, - Scénario réel.	**Calage définitif des données constructives de la SED à livraison,** puis sur le scénario réel d'occupation.	**Accompagnement des interfaces et transmissions d'information,** notamment utilisateurs et exploitants.	Réglage de la supervision énergétique. Montée en régime des fonctionnalités avancées, Optimisations.
Exploitation	Vie réelle : **Stratégie de persistance des performances.** **Sensibilisations.**	**Adaptation de la SED** en fonction des adaptations physiques ou d'usage du bâtiment.	**Contrôle de l'exploitation** et des nouvelles performances nominales. Eventuelles certifications en exploitation ou ISO50001 / 14001	Tableaux de bords Energie et Environnement. Gestion active : optimisation « CO2 », appel de puissance, etc.
	Vie du bâtiment : Pilotage prévu / réel **Optimisations et amélioration continue, pilotage de l'appel de puissance,** **Renégociations tarifaires.**			

7 AU DELA DE LA MAITRISE DE L'ENERGIE, QUEL PLUS POUR PROPRIETAIRE ET OCCUPANTS ?

7.1 MIEUX TRAVAILLER L'ENERGIE... VALEUR VERTE EN VUE

Une prévision des consommations d'énergie réelles d'un bâtiment apporte à son propriétaire et à son –ou ses – utilisateur plusieurs avantages :

1. Cette démarche permet tout d'abord de compléter et d'enrichir le cahier des charges du propriétaire en élaborant un programme détaillé des potentialités d'usages et de confort du bâtiment étudié, en s'assurant ainsi de sa qualité et son adaptabilité dans le temps.

2. Le calcul de la consommation d'énergie réelle prévisionnelle permet ensuite de bien concevoir et dimensionner le bâtiment et ses équipements techniques aux besoins réels des différents postes de consommation d'énergie. Le chauffage et la climatisation n'étant pas les postes les plus importants !

3. Le commissioning, processus de qualité centré sur la performance énergétique, mise en place dès la programmation jusqu'à y compris la phase de mise en exploitation, apporte le gage de la performance énergétique réelle du bâtiment et de ses équipements, performance qui peut être en attestée par une « GPEI. »

4. La SED permet à l'utilisateur et à l'exploitant technique de contrôler et piloter le plus finement possible le fonctionnement du bâtiment en fonction des variables d'utilisation et de climat.

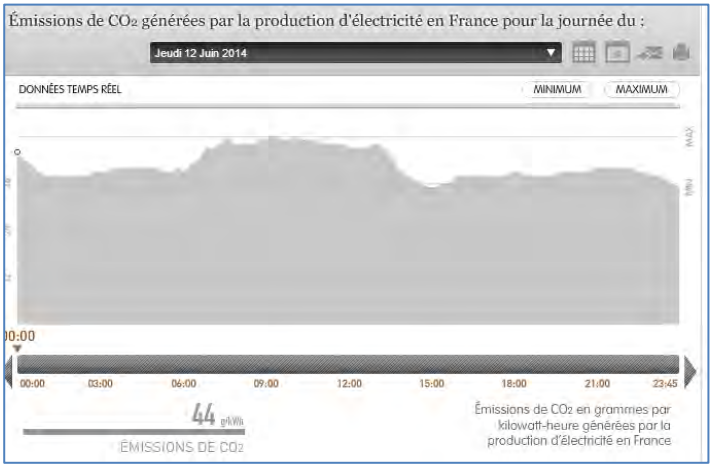
5. La SED, cette intelligence du comportement « énergétique » du bâtiment en interaction avec son utilisateur et son exploitation technique permettant d'identifier rapidement poste par poste les éventuelles dérives et d'y remédier en conséquence si nécessaire.

L'ensemble de ces éléments en apportant plus de transparence, de fiabilité et de connaissance sur la qualité et la performance thermique de l'immeuble, sur ce qui est lié à ses qualités intrinsèques et ce qui est lié à son usage, est bien sur un atout pour mieux apprécier sa valeur d'usage et environnementale, in fine sa *valeur verte*. La démarche proposée permet aussi d'enrichir et de professionnaliser la relation preneur-bailleur, propriétaire-locataire dans le vécu du bail vert et dans le reporting de l'éco-performance du bâtiment.

7.2 CO-PRODUITS

Enfin, il faut mentionner deux avantages complémentaires de la démarche liés à la puissance de l'outil SED :

- la possibilité d'un calcul fin d'émissions de Gaz à Effets de Serre en fonction de la période des kWh consommé (graphique ci-contre, dimension horaire des GES, source RTE).
- la possibilité d'utiliser l'outil pour prévoir et optimiser les puissances appelées avec ses impacts économiques en application des évolutions tarifaires induites par la loi NOME.



7.3 LA CONTRACTUALISATION D'UNE GARANTIE DE RESULTAT ENERGETIQUE (GRE)

Cette performance de consommation réelle peut, si l'utilisateur ou le propriétaire le souhaite, être garantie dans une GRE, portée par le promoteur ou l'entreprise par exemple (GRE construction) ou par un exploitant technique en cas de longue durée (GRE exploitation). L'équilibre coût de cette garantie avec les moyens nécessaires pour la mettre en œuvre est à évaluer en regard des enjeux économiques de cette garantie.

7.3.1 POURQUOI CONTRACTUALISER ?

L'engagement contractuel sur le résultat est un mécanisme souhaitable en cas de rénovation énergétique importante, pour assurer l'économie du projet pour le maître d'ouvrage et les utilisateurs, enclencher éventuellement une péréquation des gains (ou à l'inverse la mise en œuvre de pénalités).

Toutefois, le caractère opposable n'est souhaitable qu'en cas de nécessité et/ou de volonté des deux parties, une fois démontrée la pertinence économique de cette garantie (garantir renchérit le coût du montage mais est souhaitable lorsqu'il s'agit de vérifier des gains importants.)

On pourra dans tous les cas se satisfaire :

- D'une consommation cible (consommation prévisionnelle)
- De la mise en œuvre de moyens additionnels pour l'interprétation de l'écart,
- D'une bonne information des utilisateurs et d'une aide à l'exploitation.

Il s'agira, avant que de contractualiser sur des résultats énergétique, *de « mieux concevoir, mieux réaliser, mieux exploiter et mieux communiquer ».*

7.3.2 LE PORTAGE DE L'ENGAGEMENT

Suivant le type de contrat passé entre le maître d'ouvrage et les entreprises de l'offre, il s'agit de confier la responsabilité de cette méthode, ainsi que le résultat associé, à l'un des acteurs.

- Le maître d'ouvrage
- Le contractant général
- Un groupement en charge de la maîtrise d'œuvre ou un de ses parties prenantes
- L'exploitant (qui peut être le commissionneur de l'ensemble)
- Un expert indépendant, tierce partie.

Cette responsabilité confère automatiquement à celui qui la porte un droit d'intervention sur l'ensemble des autres acteurs qui ont de près ou de loin un lien avec la performance énergétique.

Pour les acteurs qui le souhaitent, la couverture du risque lié aux engagements énergétiques peut nécessiter la mise en place d'une Assurance Garantie de Performance Energétique. Elle est liée à des conditions d'accès préalables par l'assureur (capacité d'étude, etc.)

Les contrats de performance énergétique (CPE) et les contrats de résultats dans la durée, basés sur des approches de M&V, permettent de véhiculer ce type de contractualisation, en intégrant une complexité ajustée aux enjeux.

7.3.3 ARTICULATION ENTRE COMMISSIONING, SED ET GARANTIE DE RESULTAT

L'un des champs du possible d'extension du commissioning est de ne pas uniquement vérifier la GPEI mais de se positionner sur le contrôle de la consommation réelle des usages (en fonction du plan de comptage du bâtiment), comparé à la SED mise au point à la livraison du bâtiment.

A ce titre, ce qui est demandé par des maîtres d'ouvrages est usuellement:

1) SED de conception : calage de la partie intrinsèque (« GPEI ») en identifiant les grands contributeurs,
2) Vérification en phase conception et chantier des dispositions intrinsèques grâce au Commissioning,
3) SED à livraison : calage de la consommation de référence ajustée,
4) Extension de la mission de commissioning sur 2 ans, pour le suivi de la consommation réelle au regard du modèle de la SED à livraison, dans les conditions d'usage et de climat réelles.

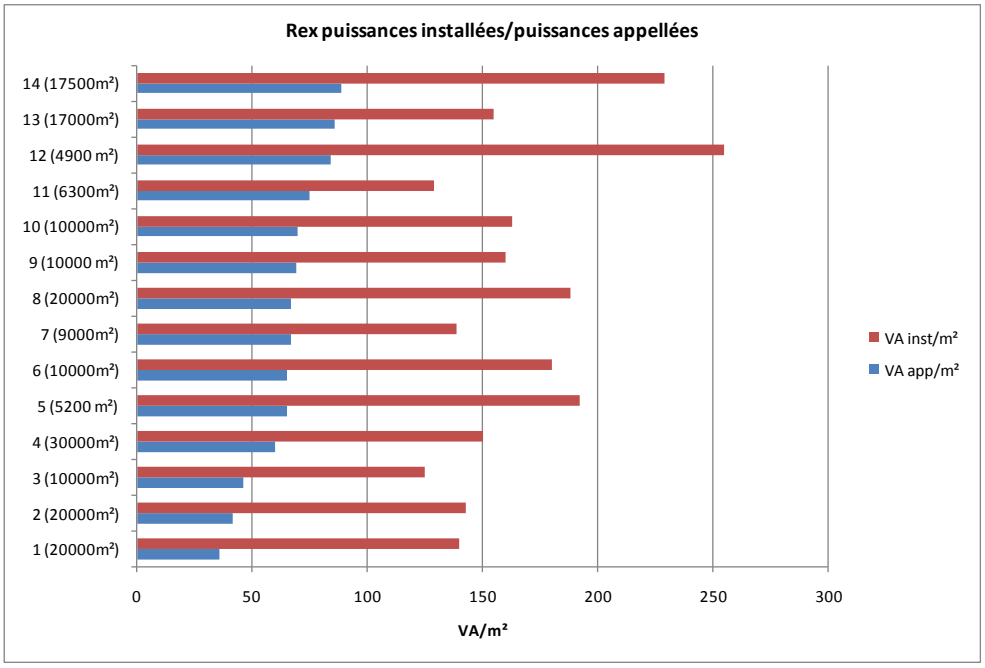
7.4 UN PLUS : GESTION DE L'APPEL DE PUISSANCE (TOUTES ENERGIES) ET OPTIMISATION TARIFAIRE DE L'ELECTRICITE, DES RESEAUX URBAINS DE CHALEUR ET DE FROID

Ce qui suit concerne plus particulièrement le vecteur électrique, notamment dans le cadre de la loi NOMé et de la loi SRU[9].

7.4.1 LA SED DANS L'AIDE A LA DECISION SUR LA PUISSANCE A INSTALLER (CAPEX)

Voici un graphique rassemblant sur 14 bâtiments, le retour d'expérience sur la réserve de puissance concernant des bâtiments de bureaux existants en régimes établis et occupés : puissance installée en rouge et puissance maximale appelée réellement en bleu.

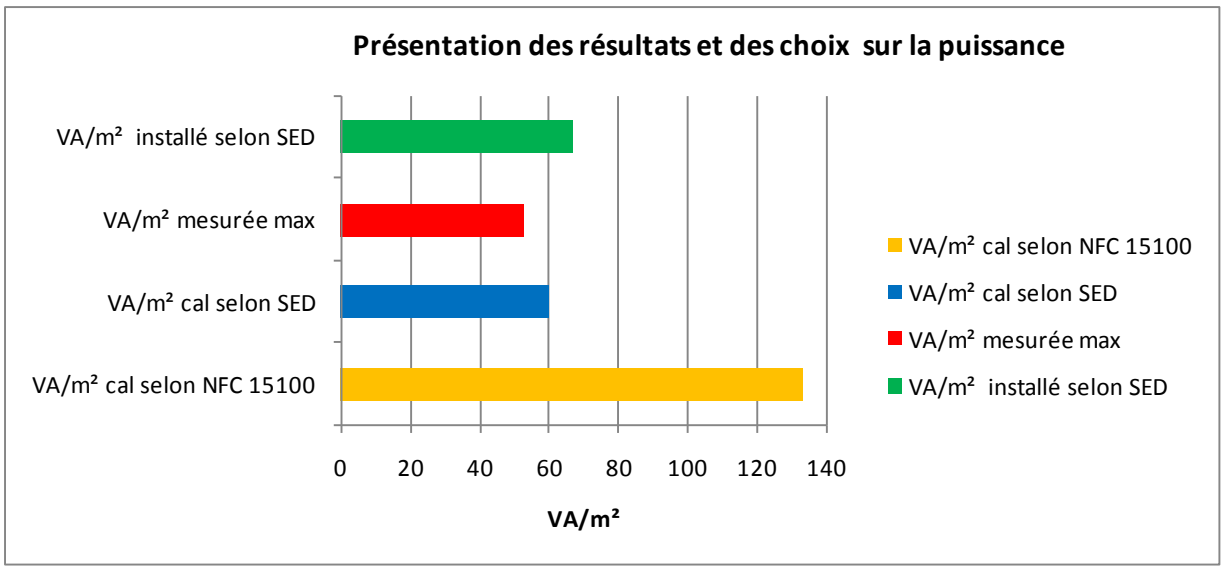
Un constat pour l'immobilier d'entreprise: **167 VA/m² installé** en moyenne pour **66 VA/m² de puissance appelée mesurée.**



On peut remarquer que la puissance installée est toujours largement surdimensionnée par rapport à la puissance appelée mesurée maximale. La surpuissance installée dépasse souvent 100 %, ce qui n'est justifié qu'en salle de marché ou DATA CENTER.

Dans une étude présentée sur le graphique suivant, la SED a permis de calculer la bonne puissance et d'économiser 25% sur les travaux du lot courant fort (transformateur, TGBT, câbles, armoires électriques de distribution) pour un immeuble de 9400 m²:

[9] Loi N°2000-1208 du 13 décembre 2000 relative à la solidarité et au renouvellement urbain, couramment appelée loi SRU ou loi GAYSSOT.

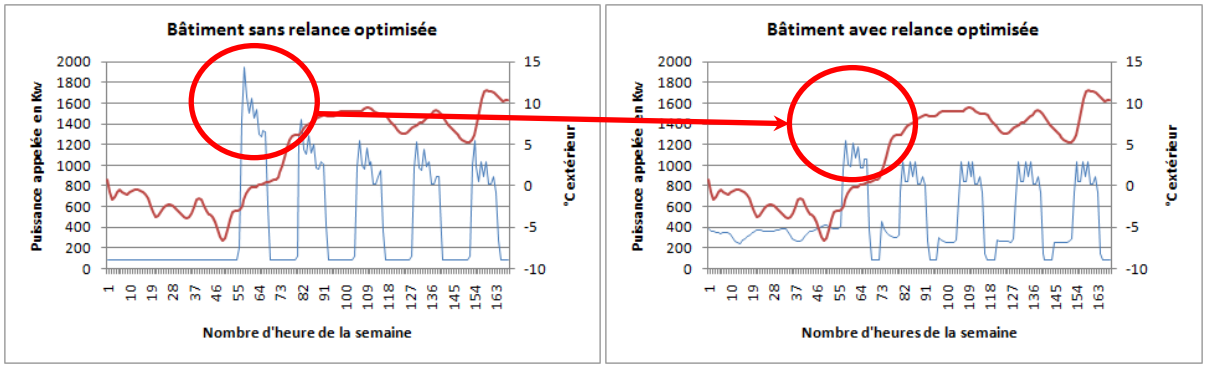


La surpuissance installée dépasse souvent 100 %, ce qui n'est justifié qu'en salle de marché ou DATA CENTER.

La SED permet donc de visualiser, à prori, la puissance maximale appelée et de comparer ce résultat au calcul de dimensionnement issu du guide pratique de la NF C 15100 et de la NF C15105.

7.4.2 LA SED ET LES ECONOMIES D'APPEL DE PUISSANCE ELECTRIQUE (AIDE AU LISSAGE DE LA COURBE DE CHARGE)

Par l'exemple, sur une semaine type d'un bâtiment de bureau important :



Une relance optimisée en période de baisse de température (plus étalée, à gauche) permet de visualiser l'économie de puissance correspondante par rapport au pic constaté sur la courbe de gauche, soit environ 700 kW dans ce cas d'espèce, pour une économie factuelle de 23 000 € HT instantanée sur le TURPE 4, hors agrégation d'effacement prévue pour 2016.

Le résultat est une surconsommation annuelle négligeable (<4 %), mais qui peut être contraire à une GRE basée stricto sensu sur les consommations. Il y a donc optimum à trouver entre réduction de la consommation globale et dimension horaire (impact le contrat de fourniture).

7.4.3 LA SED ET L'INTEGRATION DU SMART ET DE LA FLEXIBILITE ENERGETIQUE

Dans un futur proche, loi NOMé et généralisation des BEPOS, les concepteurs, les exploitants devront intégrés des notions d'effacement et de flexibilité issues des occurrences de production électriques renouvelables et tarifaires sur des granulométries, 30 minutes, 10 minutes voire moins... Le choix des solutions et/ou des différents pilotages ne pourront être validés qu'à partir d'une SED et non de ratios.

Remarques: Cette utilisation de la SED est aussi très bien adaptée au calcul des puissances souscrites et de raccordement des réseaux urbains de chaleur et de froid. On peut facilement réaliser des gains sur le CAPEX (frais de raccordement) et sur l'OPEX (gain sur la puissance souscrite et meilleur rendement des sous-stations). Le smart grid et la production de chaleur renouvelable pouvant être également associée aux réseaux urbains.

8 REDACTEURS

BNP PARIBAS REAL ESTATE, Jean-Pierre AURIAULT,

BOUYGUES CONSTRUCTION, Jean LACROIX,

BUREAUVERITAS, Hicham LAHMIDI,

CBRE, Christian BEAUR,

CIAT, Fabrice ROZMIAREK,

EDF, Christian GERARD,

EDF, Didier ROUSTAN,

EIFFAGE CONSTRUCTION, Vianney FULLHARDT,

GDFSUEZ, Pierre PICARD,

IFPEB, Cédric BOREL,

SCHNEIDER ELECTRIC, Thierry DJAHEL,

SETEC, Emmanuel FRUIT,

VERSPIEREN, Florent CHATELAIN.

9 CONSTITUTION DES ANNEXES

1.Document IFPEB, Collectif, 2013 – « *Notice sur l'Intensité d'usage dans le Tertiaire, mise en évidence des effets de l'intensité d'usage sur les consommations totales, dans le cadre de la charte d'engagement des bâtiments tertiaires du Plan Bâtiment Durable et de la préparation du décret concernant l'article 3 de la loi GRENELLE 2*».

2. Ressources documentaires par séries thématiques

- Intensité d'usage, caractérisation de l'usage,
- Consommations prévisionnelles et SED,
- Conduite de la performance, supervision énergétique et Mesure et Vérification,
- Commissioning Energétique,
- Autres ressources d'intérêt (rapports, notes, etc.)

+ Pour chaque série thématique

- Bibliographie commentée et ressources,
- Thèses,
- Liens utiles,
- Méthodologies existantes,
- Clausiers type,
- Références normatives,
- Divers.

Annexes à demander à ifpeb@ifpeb.fr